

A. K. Ibragimov, G. A. Anufriyev
Population of soil litter invertebrates as an indicator of critical condition indegrading forest ecosystems

УДК 591.524.21+591.557.2

А. К. Ибрагимов, Г. А. Ануфриев

*Нижегородский университет, Нижегородская сельхозакадемия,
Нижний Новгород, Россия*

НАСЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННО-ПОДСТИЛОЧНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК ИНДИКАТОР КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ В ДЕГРАДИРУЮЩИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Запропонована нова концепція існування трьох критичних рівнів у процесі антропогенної деградації корінних природних екосистем. Показано, що остаточна криза екосистеми пов'язана з повним руйнуванням умов ґрунтового середовища. Індикатором подібного стану може служити населення ґрунтових безхребетних тварин.

Conception of three critical levels of the anthropogenic degradation of native ecosystems is proposed. The total crisis of the ecosystem correlates with the entire destruction of the soil environment. The soil invertebrates population may serve as an indicator of this process.

Введение

Уровень биологического разнообразия в природных и антропогенных экосистемах может служить достоверным индикатором степени их устойчивости и индикатором возникновения критического состояния. В существующей практике биоиндикации для определения уровня антропогенной трансформации экологических систем чаще используются эколого-флористические критерии. Однако достаточно надежным показателем для этого может служить характер изменения состава и численно-

© Ибрагимов А. К., Ануфриев Г. А., 2005

108

сти наземных и почвенных беспозвоночных, что, к сожалению, практически не используется в подобных целях.

В литературе сложилось неоднозначное представление о критической ситуации в экосистеме. Одни авторы считают, что уже на первых стадиях формируется «кризис экосистемы» в связи с утратой 10–20 % исходного биологического разнообразия [6; 13]. Другие не усматривают подобной ситуации до тех пор, пока сохраняется способность самовосстановления исходного типа экосистемы [6; 13]. Наши исследования показали, что в процессе дигрессивных изменений в лесных сообществах формируется три критических уровня в состоянии природно-антропогенных экосистем [6]. Первый связан с выраженным изменением состава ценобионтов коренного сообщества, но при этом сохраняется лесной тип экосистемы (антропогенный); второй характеризуется формированием нелесного типа растительности, однако при этом локальная экосистема не исчезает, а трансформируется в новый тип биогеоценоза; третий – полный кризис локальной экосистемы наступает тогда, когда экотоп теряет способность воспринимать новую растительность вследствие переуплотнения, отравления или пирогенного спекания почвы, что особенно четко проявляется в почти полной элиминации населения почвенной биоты [3; 6; 12].

Многочисленные исследования показывают, что именно подобная катастрофическая деградация почвенной среды является главным признаком полного исчезновения экологической системы [4; 7; 11]. В подобных условиях происходят заметные перестройки в составе населения почвенно-подстилочных беспозвоночных.

Материал и методы исследований

Изучение состава почвенно-подстилочных беспозвоночных проводилось методом почвенных раскопок до глубины 1 м [5]. Учеты почвенной мезофауны проводились в середине лета. Для установления количественных изменений экологических характеристик верхних почвенных горизонтов в процессе их антропогенной дигрессии проводился сравнительный анализ объемного веса почвы и запасов лесной подстилки (в воздушно-сухом состоянии), а также определялась биомасса люмбрицид (в свежем виде).

Полевые исследования проводились в лесных сообществах с различной степенью рекреационной дигрессии в коренных формациях сосновых и еловых лесов, производных от них березняках, в коренных широколиственных (дубовых и липовых) лесах, а также в лесных культурах из лиственницы сибирской как переходном типе лесных экосистем с промежуточным типом лесного эдификатора от вечнозеленых хвойных пород, значительно обедняющих почву ежегодным выносом питательных веществ и отравляющих ее терпеновыми соединениями, к листопадным с выраженным почвообогащением (и значительно меньшим воздействием терпеновых соединений из лиственничного опада).

Результаты и их обсуждение

Сообщества первого критического уровня характеризовались преобладанием типично лесных видов во флористическом составе, слабой степенью нарушенности лесных древостоев и формированием здесь антропогенных типов леса, в названиях которых отражены элементы коренного леса (сосняки, березняки и ельники зелено-мошно-разнотравные, дубравы снытево-разнотравные). Состояние первого критического уровня характеризуется значительной вариабильностью видового состава и численности почвенных беспозвоночных, что определяется как характером эдафотопы, так и типом древесного эдификатора (хвойного или листопадного).

Обилие терпеновых соединений в опаде хвойных пород значительно ингибирует развитие почвенной мезофауны, что особенно сказывается на встречаемости здесь люмбрицид (которая большей частью имеет нулевое или единичное значение, что совпадает с многочисленными наблюдениями других авторов [3; 9]). По данным наших исследований в сосняках общая численность почвенной мезофауны составляет 60–200 экз./м² (в т. ч. черви 4–36 экз./м² при биомассе 3,4–43,6 г/м²). Минимальное значение этих показателей отмечено в сосняках лишайниковых и брусничных, максимальное – в сосняках черничных, кисличных и сложных (люмбрициды в сухих борах отсутствуют или имеют единичную встречаемость); в березовых лесах на местообитаниях, аналогичных с сосновыми, эти показатели соответственно характеризуются значениями 130–350 экз./м² (черви 32–44 экз./м² и 25,6–59,5 г/м²). Все это подтверждает ярко выраженную фитомелиоративную роль листопадных насаждений.

В лиственных лесах данные показатели имеют промежуточное значение между хвойными и листопадными лиственными – 260 экз./м² (черви – 38 экз./м² и 32,4 г/м²). В широколиственных лесных фитоценозах (дубовых и липовых) эти показатели максимальны – 160–390 экз./м² (в т.ч. черви – 130–320 экз./м² и 91,4–220,6 г/м²). Ярко выраженное переходное положение между сложными (субнеморальными) типами соснового леса и широколиственными лесными ассоциациями можно выделить не только на основании их эколого-флористического анализа, но и по сходству состава почвенных беспозвоночных (общая численность 201,8 экз./м², дождевые черви – 56,3 экз./м² или 43,6 г/м²). Изложенное позволяет сделать вывод о том, что в целом в коренных ассоциациях соснового леса складывается более критическая ситуация, чем в производных березняках на их месте вследствие угнетения многих стабилизирующих консортов экзометаболитами хвойных. При этом Т. И. Артемьева [3] показала, что численность люмбрицид в почвах березового леса достоверно выше (на 50 % и более), чем в однотипных сосняках. В ельниках зеленомошного ряда количественные показатели населения беспозвоночных педобионтов оказываются достаточно близкими к зеленомошным сосновым лесам, но имеют здесь несколько повышенные значения (общая численность 43–78 экз./м² (в т. ч. черви 3–16 экз./м² при биомассе 4,5–18,6 г/м²). В смешанных елово-липовых кислично-снытевых биоценозах эти показатели приближаются к аналогичным значениям для сосняков сложных (всего 89–170 экз./м², в т. ч. черви 24–42 экз./м² при биомассе 18,2–31,4 г/м²). Последнее полностью совпадает с литературными данными [1; 12].

Второй критический уровень характеризуется заменой лесного типа растительности (полной или частичной) на луговой (сорно-луговой или лугово-степной) с выраженной сменой состава доминантов почвенной мезофауны (с преобладанием представителей *Lumbricidae* – численность 97–134 экз./м², биомасса 77,5–100,6 г/м²). Общая численность различных представителей почвенных беспозвоночных здесь составляет 221–323 экз./м².

Третий критический уровень характеризуется резким снижением количества видов и численности представителей почвенной мезофауны (общая численность 6–12 экз./м², биомасса 4,1–10,2 г/м²; люмбрициды – соответственно 4–7 экз./м² и 3,2–7,3 г/м²). Интересно отметить тот факт, что в условиях, казалось бы, безжизненного переуплотненного суглинистого почвенного субстрата на городских территориях можно встретить достаточную представленность люмбрицид, которые в значительных количествах выползают на поверхность почвы после продолжительных дождей. При этом внешний облик сильно нарушенных экосистем подобного типа представляет собой признаки значительной разобщенности компонентов растительности (отдельно стоящие угнетенные деревья различных пород, почти полное отсутствие кус-

тарникового яруса, единичные крайне незначительные по площади пятна травянистой растительности и т. п.). Однако в период интенсивных дождей обнаженный субстрат на таких территориях начинает вдруг покрываться почти сплошной коркой из зеленых и сине-зеленых водорослей, и на этих площадях нередко можно встретить достаточно обширные пятна низкорослых бриоидных мхов, а также довольно многочисленными здесь являются плодовые тела шампиньонов и некоторых других сапрофитных грибов.

Как отмечает Э. А. Штина [2; 15], в подобных условиях, соответствующих третьему критическому уровню в нашем понимании, на территориях, подверженных активному радиационному влиянию, происходит почти полное или значительное уничтожение высшей напочвенной растительности, после снятия выраженной конкуренции которой происходит интенсивное разрастание нитчатых зеленых и сине-зеленых водорослей, образующих здесь достаточно высокую фитомассу. Формирование подобной пленки водорослей на поверхности и в верхних горизонтах почвы способствует закреплению почвенного субстрата, подвергающегося значительной эрозии в критических условиях таких антропогенных местообитаний. Имеются также сведения [8] об основополагающей экологической роли люмбрицид, обитающих в условиях интенсивного техногенного загрязнения почвенного субстрата (что также соответствует нашему представлению о третьем критическом уровне) и способствующих активному выведению из почвенной среды тяжелых металлов путем их поглощения и дальнейшей аккумуляции в организме червей. В таблице приводятся результаты анализа изменения запасов подстилки и объемной плотности почвы по стадиям критического уровня.

Таблица

**Изменение запасов подстилки (т/га) и объемной массы почвы (г/см³)
на критических стадиях дигрессии**

Тип экосистемы	Критический уровень	Запас подстилки	Процент от исходного состояния	Объемная масса почвы	Процент от исходного состояния
Сосняки	Исходный	20,1–29,1	100,0	0,88	100,0
	I	16,7–39,6	83,1–136,1	1,02	115,9
	II	10,2–16,5	50,7–56,7	1,21	137,5
	III	Отсутствует	0	1,63	185,2
Березняки	Исходный	17,9	100,0	0,76	100,0
	I	8,1	45,6	0,99	130,3
	II	3,9	21,7	121,6	160,0
	III	Отсутствует	0	143,7	189,1
Ельники	Исходный	111,4	100	1,02	100
	I	54,7	64,0	129,6	127,1
	II	44,5	39,1	151,5	138,9
	III	Отсутствует	0	183,9	187,6
Дубравы	Исходный	19,5	100	1,08	100
	I	10,4	53,3	1,47	136,1
	II	6,9	35,4	1,76	162,9
	III	Отсутствует	0	1,89	175,0

Промежуточная ситуация между вторым и третьим критическими уровнями в сосновых борах на бедных песчаных почвах в условиях интенсивных концентрированных рубок нередко характеризуется длительным расстройством естественных лесовосстановительных процессов и незначительной приживаемостью искусственных

посадок сосны вследствие формирования на подобных антропогенных экотопах устойчивых очагов размножения майских хрущей (численность личинок которых в пересчете на трехлетнюю может достигать 3,9–11,2 экз./м²). Известно, что майские жуки *Melolontha melolontha* L. и *M. hippocastanii* F. являются преимущественно лесостепными обитателями и интенсивно размножаются в условиях теплых, хорошо прогреваемых почв [14]. Под воздействием интенсивной концентрированной вырубki древостоев на юге лесной зоны здесь сформировалась «антропогенная лесостепь», смыкающаяся с южной границей тайги, и в подобных условиях эдификатором, определяющим формирование новых трансэкстразональных типов растительности, являются эти энтомовредители, на долгие годы ингибирующие восстановление автохтонного лесного типа растительности. Вместе с майскими хрущами в видовом составе таких остепненных безлесных пустошей встречаются многочисленные представители типичной степной флоры, характеризующие процессы выраженной аридизации и ксерофилизации. Очевидно, подобным же образом происходило расширение северных границ распространения и некоторых представителей семиаридных саранчевых (*Psophus stridulus*, *Oedipoda coerulescens* и *Bryodema tuberculatum*), ареалы которых в современной справочной литературе указываются достаточно широко [10].

Задержка на долгие годы лесовосстановительных процессов способствует проявлению начальных признаков деградации (антропогенного опустынивания), с появлением в составе флоры и фауны представителей жизненной формы «перекати-поле», пустынных маревых, полыней, а также вышеуказанных саранчовых. Все это затягивает ситуацию перехода со второго критического уровня на третий.

Заключение

Приведенные данные характеризуют комплексную эколого-биоценотическую природу поэтапного разукрупнения структуры коренных типов биогеоценозов в связи с формированием новых «экологически агрессивных» антропогенных условий среды, индикатором которых являются комплексы почвенных беспозвоночных и некоторые другие представители наземной энтомофауны. Данные о выраженном снижении численности педобионтов (и биомассы люмбрицид) коррелируют с кардинальными изменениями экологического режима почвенных условий, связанными с нарушениями структуры лесной подстилки и верхних горизонтов почвы.

Библиографические ссылки

1. Алейникова М. М. Парцеллярная структура елово-широколиственных лесов востока европейской части СССР / М. М. Алейникова, В. С. Порфирьев, Н. М. Утробина. – М.: Наука, 1979. – 131 с.
2. Алексахина Т. И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов / Т. И. Алексахина, Э. А. Штина. – М.: Наука, 1984. – 149 с.
3. Артемьева Т. И. Комплексы почвенных животных и вопросы рекультивации техногенных территорий. – М.: Наука, 1989. – 111 с.
4. Гельцер Ю. Г. Биологическая активность лесных почв / Ю. Г. Гельцер, Т. Н. Комовникова // Генезис и экология почв Центрально-лесного государственного заповедника. – М.: Наука, 1979. – С. 172–197.
5. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
6. Ибрагимов А. К. Кризис экосистемы / А. К. Ибрагимов, А. И. Широков // Наземные и водные экосистемы. – Н. Новгород: ННГУ, 1990. – С. 4–13.
7. Ковда В. А. Почвенный покров, его изучение, использование и охрана. – М.: Наука, 1981. – 163 с.

8. **Кудрявцева В. К.** Биологическая переработка органических и бытовых отходов в биогеомус с помощью вермикультуры // Лесоводство Нижегородской области на рубеже веков. – Н. Новгород, 2004. – С. 95–100.
9. **Лавров М. Т.** Фауна лесных почв и пути ее регулирования. – М.: Лесная промышленность, 1968. – 131 с.
10. **Определитель насекомых** европейской части СССР. – М.–Л.: Наука, 1964. – Т. 1. – С. 163–169.
11. **Почвенная среда** как индикатор критического состояния деградирующих экосистем / А. К. Ибрагимов, А. Н. Петрова, М. А. Патова и др. // Труды XI Русского географического общества. – Т. 6.– С-Пб., 2000. – С. 37–39.
12. **Почвенные беспозвоночные** рекреационных ельников Подмосковья / А. А. Захаров, Ю. Б. Бызова, А. В. Уваров и др. – М.: Наука, 1989. – 233 с.
13. **Проблемы устойчивости** биологических систем. Тез. докл. Всесоюзн. школы (15–20 октября 1990 г., Севастополь). – Харьков, 1990. – 498 с.
14. **Трошанин П. Г.** Хрущи и борьба с ними. – М.: Лесная промышленность, 1966. – 160 с.
15. **Штина Э. А.** Почвенные водоросли в сингенезе растительности // Общие проблемы биогеоценологии. Тез. докл. II Всесоюзного совещания. – М., 1986. – С. 35–36.

Надійшла до редколегії 20.09.05.

УДК 574.4:595.7

О. М. Кунах

Дніпропетровський національний університет

СТРУКТУРА ДОМІНУВАННЯ ТВАРИННОГО НАСЕЛЕННЯ ҐРУНТУ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЗАПЛАВИ р. САМАРА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Наведено результати аналізу структури тваринного населення ґрунту в умовах забруднення середовища важкими металами. Встановлено, що вплив важких металів на угруповання ґрунтових тварин протягом року призводить до зміни структури домінування тваринного населення (зниження ролі абсолютних домінантів і малозначимих видів, збільшення ролі нечислених видів і видів-домінантів).

The analysis results of the soil animal complexes structure under *in situ* experimental heavy metal contamination are presented. The heavy metals affect the soil community over a year by changing the dominant structure of animal complexes. The main trend of changing dominant structure of the abundance and biomass is the decrease of absolute dominant and unimportant species role and the increase of the role of secondary species and dominants.

Вступ

У філософсько-методологічній літературі міститься багато визначень поняття «структура» різного ступеня абстрактності, але загальноприйнятого визначення немає. Прикладним, робочим визначенням можна вважати, що структура – це сукупність характеристик неоднорідності досліджуваного об'єкта [1]. Ці характеристики можуть стосуватися трьох аспектів структури: співвідношення окремих складових частин, взаємного зв'язку між частинами, зміни частин. У результаті різнобічного вивчення дослідники виділяють 10–20 і більше типів структур [4], зокрема, можна розглядати таксономічну, вікову, статеву, розмірну, трофічну, часо-

© Кунах О. М., 2005

113